

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-335265

(43)公開日 平成6年(1994)12月2日

(51)Int.Cl.⁵

識別記号

府内整理番号

F I

技術表示箇所

H 02 N 1/00

8525-5H

// H 01 L 21/302

J

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平5-118609

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(22)出願日 平成5年(1993)5月20日

(72)発明者 佐藤 淳一

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(74)代理人 弁理士 小池 晃 (外2名)

(54)【発明の名称】マイクロマシンの製造方法

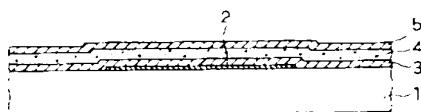
(57)【要約】

【目的】マイクロマシンの製造工程において、犠牲層の形成と除去を簡略化する。

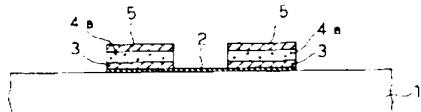
【構成】最終的に可動部材となる材料層を囲撲する犠牲層の少なくとも一部を、昇華性および/または熱分解性の堆積性物質を用いて形成する。たとえば、静電マイクロモータの製造工程中、ポリシリコン層からなるロータ4aを上下方向から挟むS1O₂犠牲層3、または、ロータ4aと共通パターンにてエッチングする。このパターンの側壁面上にSi(イオウ)または窒化イオウ系化合物をプラズマCVD等により堆積させ、Si犠牲層3または窒化イオウ系犠牲層5を自己整合的に形成する。Si犠牲層6または窒化イオウ系犠牲層8は、ウェットエッチングを行わなくとも、ウエハを加熱すれば昇華もしくは分解し、除去される。

【効果】犠牲層のパターニングのためのフォトリソグラフィを省略できる。

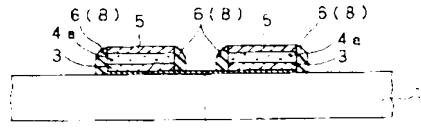
(a)



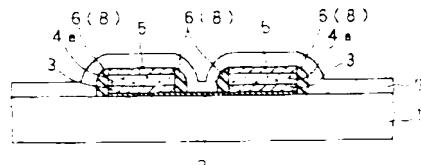
(b)



(c)



(d)



【請求項1】

所定のパターンに加工された第1の材料層を保持する犠牲層を基板上に形成し、該第1の材料層を意図的に遮蔽する第2の犠牲層を形成した後、該犠牲層を適切に除去することにより、前記基板上に遮離して前記第1の材料層をもつて可動部分を作成するマイクロマシンの製造方法。

該犠牲層の少なくとも一部を界離せよび、または熱分解性の揮発性物質を用いて形成することを特徴とするマイクロマシンの製造方法。

前記第2の犠牲層の一部を界離せよび、または熱分解性の揮発性物質を用いて形成することを特徴とする請求項1記載のマイクロマシンの製造方法。

前記第2の犠牲層は熱分解性から解離生成するオゾンまたは臭化オゾン系化合物の少なくとも一部であることを特徴とする請求項1または請求項2に記載のマイクロマシンの製造方法。

【発明の属する技術】

【00101】

【産業上の利用分野】本発明はフォトマスク技術を適用したマイクロマシンの製造方法に関する、特に犠牲層の形成および除去プロセスを簡略化する方法に関する。

【00102】

【従来の技術】今日の高度情報化社会は、数々の角の半導体チップ上に100万個以上のトランジスタを作成可能な高度なエレクトロニクス技術が実現されたものである。かかる電気要素の微細化に対し、空間的な運動を可能とする機械要素の微細化が、より年々に提高された。これを具現化したものが、マイクロマシンであり、各種センサ、超音波共振子、微細作業機械、微細作業機械等の応用が期待されている。

【00103】マイクロマシンに高度な機能を具備させるためには、センサ、制御回路、アクチュエータ等を一體集積することが不可欠である。しかし、これに伴うオーバーライフの微小な要素を組み立てる作業は、従来の機械加工技術の延長では実現不可能である。かかる事情から、目下研究が進められているマイクロマシンの多くはシリコン基板上に作成され、各部の加工には半導体集積回路に培われた微細加工技術が適用されている。

【00104】中でも、フォトマスク方式のパターンを接触露光により一括して転写するフォトマスクパターン形成技術は、複雑なシステムを組み立て、それに対応して作成することができる「プリマセシブ」方式と、限られる特徴を持ち、作成能力を広げたために重要な技術となっている。

【00105】このフォトマスク方式は、基本的に基板上に形成された犠牲層をパターンングする等の表面加工を行うものである。しかし、マイクロマシ

ンは集積回路とは異なり物理的な可動部分を有する。このため、基板上に遮離した微小部品や、この微小部品を所定位置に保持するための部品等の複雑な構造を形成するための加工も必要である。

【00106】本発明は、エッチング速度の低減面の位を、熱を巧みに利用したエットエッチング等によっても、ある程度実現することができるが、マイクロマシン製造において最も特徴のある固有の技術は、犠牲層エッチングである。これは、将来可動部分となるパターンの周囲を該パターンと並行に与れる材料、すなわち犠牲層を離層とも言む。して取り巻いておき、最終的に上記パターンを基板から分離する必要が生じた時にこの犠牲層を適切なエッチング条件で除去するものである。この技術により、基板から離れて回転する滑車やロータ等が実際に作成されている。

【00107】一例として、典型的な静電マイクロモータの製造プロセスを、図1(a)より図1(f)に連続して示す。まず、図1(a)に示されるように、予め所定のパターンにポリシリコン電極11が形成された基板10の全面にCVD法等により、犠牲層12とポリシリコン層13を順次堆積させる。ここで、前記基板10はたとえば単結晶シリコン基板の表面を熱酸化し、さらにたとえばプラズマCVD法によりドライ法を堆積したものである。また、上記ポリシリコン層13は最終的に基板10から分離されて静電マイクロモータの1/2を構成する部分である。

【00108】次に、図1(b)に示されるように、図示されない供通のリスト・マスクを用いて上記ポリシリコン層13と犠牲層12をエッチングする。このエッチングにより、ポリシリコン層13からロータ14の原型が形成される。次に、図1(c)に示されるように、基板の全面にドライ法で犠牲層12を堆積させること。

【00109】さらに、図3(d)に示されるように、フォトリソグラフィおよびドライエッチングにより上記S14の犠牲層12をパターンングする。これにより、ロータ14とはドライ法で犠牲層12、13に完全に隔離される。

【00110】次に、図4(e)に示されるように、基板の全面にポリシリコン層13を堆積させる。さらに、これをフォトリソグラフィとドライエッチングによりパターン化し、図4(f)に示されるように、各1/2の内側にハブ15と、外側にステータ16、17をそれぞれ形成する。最後にこのロータ14をエッチング除去され、また図4(g)に示されるように、該側の構造から分離された運動可能なロータ14を得ることができる。

【00111】

【発明を解決しようとする課題】ところで上記S14の犠牲層12は、その形成過程では微細なロータ14を

完全に捕獲し、エッセンス除去後にはロータリーアクションの周囲に繊細な網状部を形成させる部分であるから、そのバターン側には、また背面側にはオートリサイクルアライメントが要求される。前述のプロセスでは、脱脂工程で除される工程が、専用の「犠牲層」をバターン化するためには該れられている。

【(i)(i)-1-3】しかし、オートリサイクルアライメントを巡回工程には踏む、現像、エッセンス等の各工程が同時に、余分に増えること、はもちらん、オートマスクを構成するための構成工程が複数で生じ、その合計数・プロトや条件が低下する。

【(i)(i)-1-4】また、上記のようにドライ、犠牲層上に、1/2の形成は一般にドライ・プロセス、1/4等の除去はウエット・プロセスにより行われる。このため、必要設備数が増加することはもちらん、基板に付いた開放やエッセンス後の洗浄、乾燥等にかかる工程増加やスループットの低下等が懸念される。そこで本発明は、犠牲層の形成工程を簡素することにより製造プロセスを簡便化し、スループットや効率性を向上させることの可能なマイクロバッキンの製造方法を提供することを目的とする。

【(i)(i)-1-4】

【課題を解決するための手段】本発明のマイクロバッキンの製造方法は、上記の目的を達成するために提案されるものであり、まず構成部品に加熱された第1の材料層を形成する犠牲層を基板上に形成し、該第1の材料層を部分的に遮蔽する第2の材料層を形成した後に該犠牲層を部分的に除去することにより、前記基板から離離した前記第1の材料層をもって可動部材を作成する際に、両部材犠牲層の少なくとも一部を犠牲性および/または熱分解性の堆積性物質を用いて封鎖するものである。

【(i)(i)-1-5】本発明はまた、前記犠牲層中、前記材料層のバターンの側壁部分を前記堆積性物質を用いて自己整合的に形成するものである。

【(i)(i)-1-6】本発明はさらに、前記堆積性物質として原料ガスから解離生成するオゾンまたは臭化オゾン系化合物の少なくとも一を用いるものである。

【(i)(i)-1-7】

【作用】本発明者は、まずウエットエッセンスによる、堆積工程と連携したドライ・プロセスにより等効的に除去可能な犠牲層を形成することを考え、臭化性および/または熱分解性の堆積性物質に着目した。臭化性または熱分解性、あるいはこれに開いた性質を有する堆積性物質は、基板の温度が100度点または分解点より低く、堆積度が抑制されている(または)表面に堆積し、犠牲層として機能を果すことができる。一方、基板をもって構成または分離するもしくは封鎖する、前記層に「熱されば、これといった堆積性物質はは場に解離または分解する。犠牲層の除去を行なう前に堆積、その後に形成された犠牲層、第1の材料層、いわばエッセンス層が剥離されているので、実用的には同じエッセンス層、チヤンバ付に基

板を加热するか、あるいは真空炉に接続された別チヤンバ付の基板を移設し、ここで基板を加热することより犠牲層を除去することができる。本発明の物質が犠牲層は、該真空炉は勿論に、チヤンバ付もしくは、

【(i)(i)-1-8】ここで、犠牲層除去をかける堆積性物質を用いて構成され、また犠牲層を除去するためのエット・プロセスは全く不要となる。たとしこの場合には、堆積性物質がなる犠牲層自身をバターン化するためのオートリサイクルアライメントを用意する必要がある。したがって、レジスト・プロセスを経ても安定に存在する堆積性物質の選擇や、該堆積性物質の実用的なエット・エッセンス方法の確立が肝要となる。

【(i)(i)-1-9】これに対し、犠牲層中、特に可動部材となる材料層(第1の材料層)のバターンの側壁部分を前記堆積性物質で形成する場合には、この部分を自己整合的に形成するといいメリットがある。これは、たとえばプロセスに面して設置された基板の垂直イオンスルートによって、堆積性物質の堆積過程とスパッタ除去過程とが同期化し、垂直イオンスルートが起らなければバターン側壁面上においてのみ堆積が進行するような条件を採用することにより可能となる。この場合、可動部材となる材料層を自己整合的に形成する犠牲層はたとえば炭素とオリゴメタノ等を用いて構成することが必要となるが、この上記で犠牲層のバターン化は材料層と共通のレジスト・マスクを用いて行なうことができるのに、オートリサイクルアライメントは構成用物質を増えることがない。

【(i)(i)-1-10】ところで、本発明では上記堆積性物質として、オゾン(S)または臭化オゾン系化合物の少なくとも一方を用いる。単体のオゾンの堆積においては本願出願人が先に特開平4-84427号公報に開示しているとおりであり、放電解離条件下でプラズマ中に遊離オゾンを放出できるオゾン系化合物を用いてこれを実現することができる。とは基板がおおよそ100度以上に加熱されると基板除去される。

【(i)(i)-1-11】また、臭化オゾン系化合物の堆積についても同様に本願出願人が先に特開平4-17547号公報に開示しており、比熱のより大きなオゾン系化合物と臭素系化合物を含む混合気体を放電によりこれを実現することができる。なお、臭化オゾン系化合物としては様々な種類の化合物が開示されているが、この場合の側壁保護膜の形成にはオゾン(オゾン)である。單体のオゾン系化合物は、基板がおおよそ100度以上に加熱されると基板によっては分解除去される。

【(i)(i)-1-12】これより、オゾンまたは臭化オゾン系化合物のいずれも、基板・側壁等は基板上に何れバーティカル汚染を惹起させるものではない。

【(i)(i)-1-13】

【実施例】以下、本発明の構成的な実施例について説明する。

【(i)(i)-1-14】実施例1

本実施例は、本発明を静電マイクロモータの製造に適用し、ロータの上面の犠牲層を下り、帽、側壁面上の犠牲層をさる堆積層に構成した例である。このプロセスを、図1および図2を参考しながら説明する。まず、図1(左)に示されるように、予め作成したパターンにポリシリコン電極したがてされた基板1の上面にUVレジンによりドライ・エッチングとポリシリコン層1とを堆積層1し、さらに上層部をシリコン層2の表面を熱酸化してドライ・エッチングを形成した。ここで、前記基板1はたとえば単結晶Siの基板の表面を酸化させ、さらにたとえばプラズマUVレジンによりSiO₂層を堆積させたものである。また、上層部シリコン層2は最終的に基板1から分離されて静電マイクロモータのロータとなる部分である。

【0102】次に、図1(右)に示されるように、図示されない供通のリスト・マスクを用いて上記ドライ・エッチングとシリコン層1、SiO₂層2の犠牲層の積層膜をエッチングし、ロータ4を形成した。このときのロータ4の上面構成は、凹部が形成された外周側に樹脂部の凹部が形成されたものである。この工程のメリットは、1回のフォトリソグラフィで上記の犠牲層にサイトエッチングされた状態のロータ4を形成できることである。ただし、トライエッチングに際してはエッチング特性の異なる樹脂層の積層膜を同時に加工する必要があるため、フル酸系エッチング種を用い、SiO₂とSiとの間のエッチング選択性を適切に低下させた条件下で実施してエッチングを行った。エッチング終点は、予め測定されたエッチング速度にもとづき、時間管理により決定した。

【0103】なお、上記エッチングでは導電性シリコン電極2を下地として行われるため、より高い下地選択性を達成するためには、各層の境界近傍の時点でドライ・エッチングの各々に対して最適化されたエッチング条件を切り替えるながらエッチングを行うことが、特に望ましい。

【0104】次に、パターンの側壁面上にさからなる犠牲層を形成するため、上記のウェハを有磁場マイクロ波プラズマUV装置にセットし、下例として下記の条件下放電を行った。

Si-F ₂ 流量	100 ml/min	Si-CO ₂ 流量	100 ml/min
ガス圧	1.5 MPa	ガス圧	1.5 MPa
マイクロ波パワー	500 W (2.4 GHz)	マイクロ波パワー	500 W (2.4 GHz)
トランハイド・パワー	500 W (2.4 GHz)	トランハイド・パワー	500 W (2.4 GHz)
ウェハ載置電極温度	40 °C (アリコール浴媒使用)	ウェハ載置電極温度	40 °C (アリコール浴媒使用)

この放電条件は、速度を上げるために、パワーを印加して垂直・オン・ストリームにある程度のオシ・スベ・タ作用を強めることにより、Si-F₂から解離生成するSiをパターン側壁面上にのみ選擇的に堆積させることを意図したものである。この結果、図1(右)に示されるよう

に、パターンの側壁面上にさからなる犠牲層が形成された。このSi犠牲層の形成は自己整合的に行われるるので、パターン4のためのフォトリソグラフィは不要である。

【0105】次に、図1(右)に示されるように、ウエハの表面に一列としてUVレジンおよびモルファス・シリコン層7を堆積させた。このときのUVレジンは、Si犠牲層もを溶解させないよう、ウェハ温度を常温も近傍に維持しながら用いた。さらに、このモルファス・シリコン層7をフォトリソグラフィとドライエッチングによりパターン7とし、図2(左)に示されるように、上記ロータ4の内表面に一部重なるハブ7と、外周側に一部重なるスクエア7とを形成した。上記スクエア7は平面的には透明板に酸化された複数の電極であり、これら各電極の端部に加熱用釘が接着することによりロータ4を吸引し、これを回転させる。

【0106】次に、上記ウェハを希フル酸溶液に浸漬し、図2(右)に示されるように、SiO₂層2の犠牲層を除去した。次に、ウェハを400 °C～450 °Cに加熱し、図2(左)に示されるようにSi犠牲層7を昇華除去した。Si犠牲層7の昇華のみを目的とするならば、400 °Cの恒温で十分であるが、ここではアモルファス・シリコンの熱酸化アーチルを兼ねるために升温加熱を行った。この結果、ハブ7とスクエア7はそれぞれハブ7とスクエア7と変化した。

【0107】さらに、上記ウェハを再び希フル酸溶液に浸漬して図2(左)に示されるようにSiO₂層2の犠牲層を除去し、ロータ4を適用の構造から完全に分離された。

【0108】上述の静電マイクロモータの製造プロセスにおいて、フォトリソグラフィを行ったのはロータ4のパターン化時(図1(右))、およびハブ7とスクエア7とのパターン化時(図2(右))の2回であり、図を省くと図4を用いて説明した複数プロセスに比べて1回減少することができた。

【0109】実施例2

本実施例では、同様の静電マイクロモータの製造プロセスにおいて、Si犠牲層7の堆積条件を変更させた。本実施例のプロセスは、実施例1でほぼ所述したとおりである。ただし、Si犠牲層7の形成条件は、以下のよう変更した。

【0110】	Si-F ₂ 流量	100 ml/min	
Si-CO ₂ 流量	100 ml/min	ガス圧	1.5 MPa
ガス圧	1.5 MPa	マイクロ波パワー	500 W (2.4 GHz)
トランハイド・パワー	500 W (2.4 GHz)	トランハイド・パワー	500 W (2.4 GHz)
ウェハ載置電極温度	40 °C	ウェハ載置電極温度	40 °C
ここで図2を参照しているのは、Si-F ₂ の解離生成するSiの一部を捕獲してドライエッチング中のガスで吸			

主するこことにより、反応系の分子比（上原子数と下原子数の比）を上昇させ、相撲的に上を堆積させ易くするためである。この結果、実施例1においてウエハ上部条件を緩和したにもかかわらず、堆積度、犠牲層を堆積させることができた。

【実施例1】実験結果

本実験例では、(1)静電マイクロモータの製造プロセスにおいて、窒化イオウ系犠牲層を形成した。本実施例のプロセスでも、実施例1ではほぼ同様したとおりである。ただし、本実験例では窒化イオウ系化合物を生成させるために、一例として下記の条件でプラズマCVDを行った。

【実験条件】

スルフード流量	100 ml/min
ヘリ流量	10 ml/min
ガス圧	1.5気圧
マイクロ波パワー	800 W
マイクロ波パワー	800 W (2 MHz)
ウエハ載置電極温度	150 °C (保持)

【結果】このプロセスマニフェストの過程では、S₂F₆から生成するさ原子とF₂から生成するF原子とが反応し、ポリチアジル(S₂F₆)_nに代表される窒化イオウ系化合物が生成した。この窒化イオウ系化合物は、前述の重松の下で昇華・分解温度が高いため、ウエハ載置電極温度を先の各実施例よりも高いものもかかれば、垂直イオウ入射が起こらないパターン側壁面上に効率よく堆積し、窒化イオウ系犠牲層を形成した。

【実験2】本実験例においても、後工程でアモルファス・シリコン層との成膜順序にはウエハ温度を窒化イオウ系犠牲層と除去されない範囲に維持する必要があるか、この温度も実施例1よりは若干高めることができた。

【実験3】以上、本発明を実施例1の実施例にもとづいて説明したが、本発明はこれらの実施例に何ら限定されるものではない。たとえば、ド犠牲層を形成するための原料ガスとしては、上述のS₂F₆の他、S₂F₁₀、S₂F₁₁、S₂F₁₂、S₂F₁₃、S₂F₁₄、S₂F₁₅、S₂F₁₆、S₂F₁₇、S₂F₁₈等の各種ハロケン化イオウや、あるいはH₂S等のイオウ系化合物を含むガスを用いることができる。

【実験4】また、窒化イオウ系犠牲層を形成するための原料ガスとしては、主記述のイオウ系化合物に窒素化合物を混じたガスを用いるのが良い。このときの窒素化合物としては、上述のH₂Sと同様に、N₂を用いても良い。これは、N₂と反応して供給量の多い硫化アンモニウムを生成させるため、堆積されない。これらド犠牲層を導入してイオウ系犠牲層の形成を促進するために反応系の下部を高める化合物としては、主記述の他、主記述のシリコン化物を用いることができる。

【実験5】この他、導入されるマイクロマシンの種類、サンプル・ウエハの構成、犠牲層の形成条件、使用する製造装置、プロセスの組合せが本発明の趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更可能であることは、さうまでない。

【実験6】

【発明の効果】以上の結果からも明らかのように、本発明によれば犠牲層のないとも一部を犠牲層および、または熱分解性の堆積性物質を用いて形成することにより、犠牲層の除去が容易となり、生産性を向上させることができ。また、バターニの側壁面上の犠牲層を自己整合的に形成する場合には、従来、犠牲層のバターニング用に使われていたコットリソリューションを省略することも可能であり、製造コストを低減することができる。本発明において堆積性物質として用いられるさおよび窒化イオウ系化合物は、いずれも実用的な温度範囲で堆積もししくは除去することが可能であり、しかもバーティカル成膜の概念のない物質である。

【侧面の簡単な説明】

【図1】本発明を静電マイクロモータの製造に適用したプロセス例をその工程順にしたがって示す概略断面図であり、(a)は基板上にポリシリコン層とその上部のS₂F₆犠牲層からなる積層膜を開成した状態、(b)はこの積層膜をロータの正面側にバターニングした状態、(c)はロータの正面側のS₂F₆犠牲層を除去した状態、(d)はロータの正面側のS₂F₆犠牲層を除去した状態をそれぞれ表す。

【図2】図1のプロセス例の続きを示す概略断面図であり、(e)は上記アモルファス・シリコン層をバターニングしてハブとスチータを形成した状態、(f)はロータの正面側のS₂F₆犠牲層を除去した状態、(g)はS₂F₆または窒化イオウ系化合物からなる犠牲層を除去した状態、(h)はロータの正面側のS₂F₆犠牲層を除去した状態をそれぞれ表す。

【図3】逆転の静電マイクロモータの典型的な製造プロセス例をその工程順にしたがって示す概略断面図であり、(a)は正面側のS₂F₆犠牲層とポリシリコン層からなる積層膜を開成した状態、(b)はこの積層膜をロータの正面側にバターニングした状態、(c)はウエハの全面に正面側のS₂F₆犠牲層を堆積させた状態、(d)は正面側のS₂F₆犠牲層をバターニングした状態をそれぞれ表す。

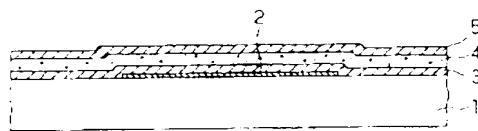
【図4】図3のプロセス例の続きを示す概略断面図であり、(e)はウエハの正面側にポリシリコン層を堆積させた状態、(f)はこのポリシリコン層をバターニングしてハブとスチータを形成した状態、(g)はウエハの正面側にシリコンを行っており、犠牲層を前に除去した状態をそれぞれ表す。

【発明の説明】

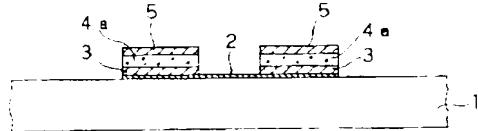
- 1 . . . 基板
- 2 . . . ポリシリコン電極
- 3 . . . SiO_2 硅酸層
- 4 . . . ポリシリコン層
- 4a . . . ポーラ

【図1】

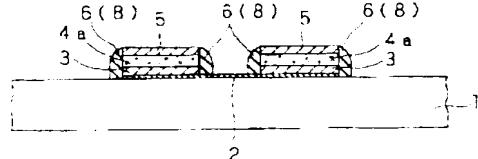
(a)



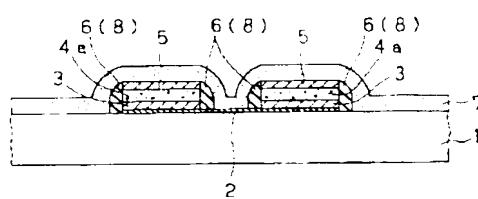
(b)



(c)



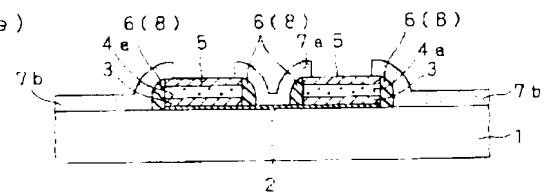
(d)



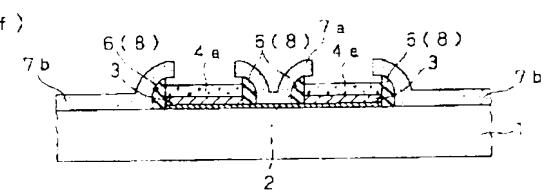
- 6 . . . 下被覆層
- 7 . . . アモルファス・シリコン層
- 7a, 7ap . . . ハブ
- 7b, 7bp . . . フルータ
- 8 . . . 穹化イオウ系被覆層

【図2】

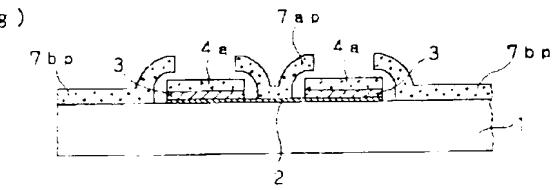
(e)



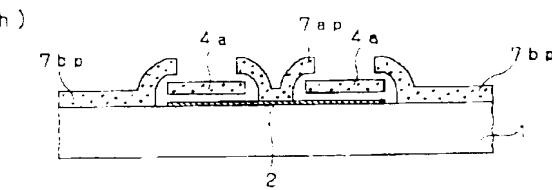
(f)



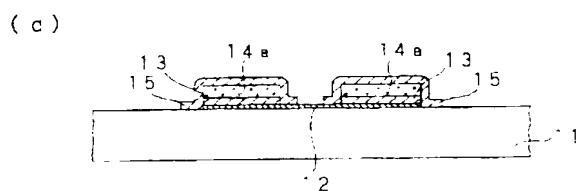
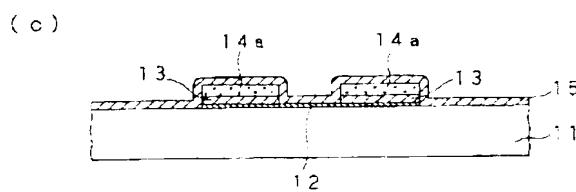
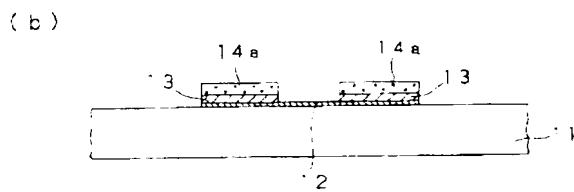
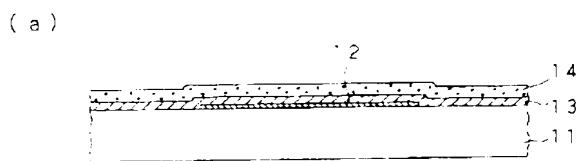
(g)



(h)



【図3】



【図4】

